



19)

(11) Publication number: **01127083 A**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**21) Application number: **62285090**(51) Intl. Cl.: **B05D 7/14 B05D 3/10 B05D 7/24 C23C 22/00**22) Application date: **11.11.87**

(30) Priority:

(43) Date of application publication: **19.05.89**

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**(72) Inventor: **ODAJIMA TOSHIO  
HIRANO YOSHIHIKO  
HIRAOKA TERUYOSHI**

(74) Representative:

**54) PREPARATION OF  
URFACE TREATED STEEL  
LATE EXCELLENT IN  
AINTING SHARPNESS**

57) Abstract:

URPOSE: To improve sharpness and ratering resistance after lectrodeposition, by applying an org. esin having a specific composition to chromate plating steel plate having a hromium adhesion amount of 0W150mg/m2 to form a film.

ONSTITUTION: A resin omposition is prepared by mixing .1W10pts.wt. of one or more kind of compound selected from a aphthalenesulfonic acid/ formalin ondensate type compound, a olycarboxylic acid type polymer ompound and a polyoxyethylene lkyl acid ester type compound with 00pts.wt. of an org. resin on a solid asis and applied to a chromate plating teel plate having a chromium dhesion amount of 10W150mg/m2 to

orm a film. By this method, an org.  
omposite steel plate is prepared.

hen electrodeposition painting is  
pplied to this org. composite film, the  
harpness and cratering resistance of  
aid film after painting is improved to  
large extent.

OPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

①

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-27083

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 3 H 9/17  
9/02  
9/205H 0 3 H 9/17  
9/02  
9/205B  
K

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-353435  
(22) 出願日 平成9年(1997)12月22日  
(31) 優先権主張番号 特願平9-119589  
(32) 優先日 平9(1997)5月9日  
(33) 優先権主張国 日本(J P)

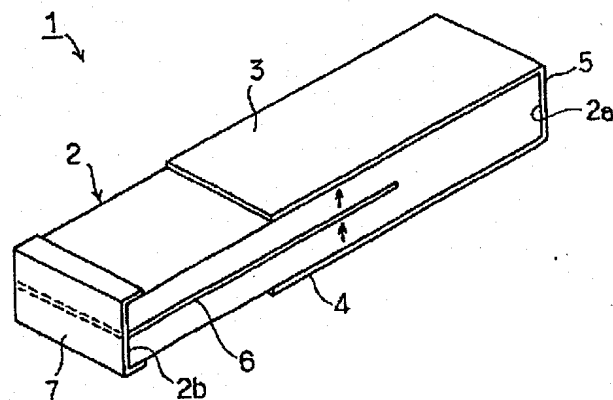
(71) 出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
(72) 発明者 開田 弘明  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72) 発明者 山田 光洋  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72) 発明者 井上 二郎  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(74) 代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税 (外1名)

(54) 【発明の名称】 厚み縦圧電共振子及び圧電共振部品

(57) 【要約】

【課題】 厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、小型化を進めることができ、電気的容量が大きく、回路基板の浮遊容量の影響を受け難い厚み縦圧電共振子を提供する。

【解決手段】 ストリップ型の矩形板状の圧電体2と、圧電体2の両面に形成されており、圧電体2を介して表裏対向された第1、第2の励振電極3、4と、圧電体内に配置されており、第1、第2の励振電極3、4と対向された内部電極6とを備え、第1、第2の励振電極3、4及び内部電極6が対向している部分が振動部を構成しており、圧電体2の長さ方向においては振動部の両側に振動減衰部が構成されており、圧電体2の幅方向においては振動減衰部が構成されていない、厚み縦圧電共振子1。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、  
矩形板状の圧電体と、

前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、

前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、

第1、第2の励振電極及び前記内部電極が厚み方向に重なり合っている部分により振動部が構成されており、一方向のみ振動減衰部を有し、前記一方向と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されていることを特徴とする、厚み縦圧電共振子。

【請求項2】 厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、

矩形板状の圧電体と、

前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、

前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、

前記圧電体が、圧電定数  $d_{31}$  が  $|d_{31}| \leq 2.0 \times 10^{-12} \text{ C/N}$  の範囲にある圧電材料により構成されていることを特徴とする、厚み縦圧電共振子。

【請求項3】 厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、

矩形板状の圧電体と、

前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、

前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、

前記第1、第2の励振電極及び前記内部電極が厚み方向に重なり合っている部分が振動部を構成しており、一方向のみに振動減衰部を有し、前記一方向と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されており、かつ前記圧電体が、圧電定数  $d_{31}$  が  $|d_{31}| \leq 2.0 \times 10^{-12} \text{ C/N}$  の範囲にある圧電材料により構成されていることを特徴とする、厚み縦圧電共振子。

【請求項4】 前記圧電体が細長いストリップ型の圧電体により構成されている、請求項1～3のいずれかに記載の厚み縦圧電共振子。

【請求項5】 前記第1または第2の励振電極が形成されている面に、圧電共振子の振動を妨げないための空間を隔てて貼り合わされたコンデンサをさらに備えることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載の厚み縦圧電共振子。

【請求項6】 ケースを構成する第1、第2のケース材と、

第1のケース材上面に形成された電極ランドと、  
前記電極ランドに電氣的に接続されており、ケースの外表面に至るように形成されている複数の外部電極と、

第1のケース材の上面に導電性接合材により固定されており、かつ第1のケース材上面の所定の電極ランドに電氣的に接続されている板状コンデンサと、

前記板状コンデンサ上に振動を妨げないための空隙を確保した状態で導電性接合材により板状コンデンサに接合されている請求項1～5のいずれかに記載の厚み縦圧電共振子とを備え、

前記第1のケース材上面に積層された板状コンデンサ及び厚み縦圧電共振子を囲繞するように、第2のケース材が第1のケース材に固定されていることを特徴とする、圧電共振部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、種々の共振子や発振子等に用いられる圧電共振子及び圧電共振部品に関し、より詳細には、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子及び圧電共振部品に関する。

## 【0002】

【従来の技術】圧電共振子は、圧電発振子や圧電フィルタなどの種々の圧電共振部品に用いられており、この種の圧電共振子としては、使用周波数に応じて種々の圧電振動モードを利用したものが知られている。

【0003】特開平1-117409号公報には、厚み縦振動モードの2倍波を利用したエネルギー閉じ込め型圧電共振子が開示されている。この圧電共振子を、図20及び図21を参照して説明する。

【0004】上記圧電共振子は、図20に分解斜視図で示すように、圧電材料よりなるセラミックグリーンシート61、62を積層し、一体焼成することにより得られている。セラミックグリーンシート61上には、中央に円形の励振電極63が形成されており、該励振電極63は、引き出し電極64によりセラミックグリーンシート61の端縁に引き出されている。また、セラミックグリーンシート62の上面には、中央に円形の励振電極65が形成されており、励振電極65は引き出し電極66によりセラミックグリーンシート62の端縁に引き出されている。また、セラミックグリーンシート62の下面には、下方に投影して示すように、励振電極67が形成されており、励振電極67は引き出し電極68によりセラミックグリーンシート62の端縁に引き出されている。

【0005】上記セラミックグリーンシート61、62を積層し、厚み方向に加圧した後焼成することにより、焼結体を得、該焼結体を分極処理することにより、図21により圧電共振子70が得られる。圧電共振子70では、圧電体層71、72が図示の矢印方向に、すなわち

焼結体が厚み方向に一樣に分極処理されている。

【0006】駆動に際しては、励振電極63、67を共通接続し、励振電極63、67と、励振電極65との間で交流電圧を印加することにより、圧電共振子70を共振させることができる。この場合、振動エネルギーは、励振電極63、65、67が重なり合っている領域、すなわち共振部Aに閉じ込められる。

【0007】従来の厚み縦振動モードの高調波を利用した圧電共振子70は、上記のようにエネルギー閉じ込め型圧電共振子として構成されており、従って、共振部Aの周囲に振動を減衰させるための振動減衰部を必要としていた。すなわち、共振部の面積に比べて大きな振動減衰部を必要としていた。従って、圧電共振子70では小型化を進めることが困難であった。

【0008】他方、特開平2-235422号公報には、共振部の周囲に余分な圧電基板部分をあまり必要としない、ストリップ型の圧電セラミックスを用いたエネルギー閉じ込め型圧電共振子が開示されている。

【0009】ここでは、図22に示すように、細長い圧電基板81の上面に励振電極82aが、下面に励振電極82bが形成されている。励振電極82a、82bは、それぞれ、圧電基板81の一对の長辺に至るように、すなわち全幅に至るように形成されており、かつ圧電基板81の長さ方向中央において表裏対向されて共振部を構成している。また、これらの励振電極82a、82bは、それぞれ、圧電基板81の長さ方向端部81a、81bに至るように延ばされている。

【0010】圧電共振子80では、厚み縦振動モードを励振した場合、圧電基板81の幅Wと厚みTの寸法関係に起因する不要振動が発生する。そこで、特開平2-235422号公報では、基本波を利用する場合には、共振周波数16MHzにおいて $W/T=5.33$ 付近とすればよいこと、3倍波を利用する場合には、共振周波数約16MHzにおいて $W/T=2.87$ 付近とすれば、共振周波数-反共振周波数間における不要スプリアスを低減し得るとされている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述した通り、厚み縦振動モードの2倍波を利用した特開平1-117409号公報に開示されているエネルギー閉じ込め型圧電共振子では、共振部の周囲に大きな振動減衰部を構成する必要があるため、小型化が困難であるという問題があった。

【0012】また、特開平2-235422号公報に開示されているエネルギー閉じ込め型圧電共振子では、共振部の側方に振動減衰部を必要としないため、小型化を果たし得るものの、実際に厚み縦振動モードの高調波を利用しようとした場合には、共振周波数-反共振周波数間のスプリアス以外に、様々な不要スプリアスが現れ、有効な共振特性を得られないという問題があった。ま

た、特開平2-235422号公報に開示されている圧電共振子では、その電氣的容量が比較的小さく、回路基板の浮遊容量などの影響を受けやすかった。

【0013】よって、本発明の目的は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、小型化を進めることができ、かつ電氣的容量が大きく、回路基板の浮遊容量などの影響を受け難い、厚み縦圧電共振子及び圧電共振部品を提供することにある。

【0014】本発明の他の目的は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、小型化を進めることができ、かつ所望でない不要スプリアスの発生を効果的に抑制し得る良好な共振特性を有する厚み縦圧電共振子及び圧電共振部品を提供することにある。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、矩形板状の圧電体と、前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、第1、第2の励振電極及び前記内部電極が厚み方向に重なり合っている部分により振動部が構成されており、一方のみ振動減衰部を有し、前記一方と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されていることを特徴とする。

【0016】請求項2に記載の発明は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、矩形板状の圧電体と、前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、前記圧電板が、圧電定数 $d_{31}$ が $|d_{31}| \leq 2.0 \times 10^{-12} \text{ C/N}$ の範囲にある圧電材料により構成されていることを特徴とする。

【0017】また、請求項3に記載の発明は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、矩形板状の圧電体と、前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、前記第1、第2の励振電極及び前記内部電極が厚み方向に重なり合っている部分が振動部を構成しており、一方のみに振動減衰部を有し、前記一方と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されており、かつ前記圧電体が、圧電定数 $d_{31}$ が $|d_{31}| \leq 2.0 \times 10^{-12} \text{ C/N}$ の範囲にある圧電材料により構成されている

ことを特徴とする。

【0018】また、好ましくは、請求項4に記載のように、上記圧電体は細長いストリップ型の圧電体により構成されている。なお、細長いとは、平面形状が短辺と、短辺よりも大きな長辺とを有する形状をいうものとする。

【0019】請求項5に記載の発明は、前記第1または第2の励振電極が形成されている面に、圧電共振子の振動を妨げないための空間を隔てて貼り合わされたコンデンサをさらに備えることを特徴とする。

【0020】請求項6に記載の発明に係る圧電共振部品は、ケースを構成する第1、第2のケース材と、第1のケース材上面に形成された電極ランドと、前記電極ランドに電氣的に接続されており、ケースの外表面に至るように形成されている複数の外部電極と、第1のケース材の上面に導電性接合材により固定されており、かつ第1のケース材上面の所定の電極ランドに電氣的に接続されている板状コンデンサと、振動を妨げないための空隙を確保した状態で導電性接合材により板状コンデンサ上に接合されている請求項1～5のいずれかに記載の厚み縦圧電共振子とを備え、前記第1のケース材上面に積層された板状コンデンサ及び厚み縦圧電共振子を囲繞するように、第2のケース材が第1のケース材に固定されていることを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の非限定的な実施例につき説明する。

(第1の実施例) 図1は、本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子を示す斜視図であり、図2はその断面図である。

【0022】厚み縦圧電共振子1は、細長いストリップ状の圧電体2を用いて構成されている。圧電体2は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスのような圧電セラミックスで構成されており、特に限定されるわけではないが、好ましくは、その圧電定数 $d_{31}$ が $|d_{31}| \leq 20 \times 10^{-12} \text{ C/N}$ の範囲である圧電材料により構成されている。

【0023】圧電体2は、図示の矢印で示すように、厚み方向に一様に分極処理されている。他方、圧電体2の上面には、第1の励振電極3が形成されており、下面には第2の励振電極4が形成されている。励振電極3、4は、圧電体2の一方端部2aから圧電体2の上面及び下面において他方端部2bに向かって延ばされている。

【0024】他方、励振電極3、4は、圧電体2の端面2aに形成された接続電極5により共通接続されている。また、圧電体2の中間高さ位置には、内部電極6が形成されている。内部電極6は、圧電体2の端面2bに引き出されており、端面2bに形成された端子電極7に電氣的に接続されている。

【0025】駆動に際しては、第1、第2の励振電極

3、4と、内部電極6との間に交流電圧を印加することにより、厚み縦振動モードの2倍波が強く励振され、該2倍波を利用した圧電共振子として動作させることができる。

【0026】なお、本実施例では、第1、第2の励振電極3、4と、内部電極6とは、圧電体2の長さ方向中央部分において圧電体層を介して重なり合うように形成されている。従って、第1、第2の励振電極3、4と内部電極6とが重なり合っている部分において、エネルギー閉じ込め型の共振部が構成され、この共振部が振動した場合のエネルギーは、共振部から端面2a、2b側の圧電体部分で減衰される。

【0027】言い換えれば、上記共振部を中心として考えると、圧電体2の長さ方向のみに振動減衰部が両側に設けられており、第1、第2の励振電極は、長さ方向と直交する方向(幅方向)において、圧電板の端部、すなわち長手方向に延びる端縁に至るように形成されている。

【0028】この場合、第1、第2の励振電極3、4及び内部電極6は、共振部においてのみ、圧電体2の全幅に至るように形成されておればよく、共振部外では、同じ幅に形成されている必要は必ずしもない。例えば、励振電極3を例にとると、共振部においてのみ、励振電極3は圧電体2の全幅に至るように形成されておればよく、励振電極3の共振部より端面2a側の部分は、単に励振電極を接続電極5に電氣的に接続する部分であるため、より細い幅で形成されていてもよい。

【0029】本実施例の厚み縦圧電共振子では、圧電体2の長さ方向においてのみ振動部の両側に振動減衰部が設けられており、圧電体2の幅方向には振動減衰部が構成されていない。従って、厚み縦圧電共振子1ではその幅方向寸法を小さくすることができ、圧電共振子の小型化を図ることができる。

【0030】加えて、第1、第2の励振電極3、4及び内部電極6を圧電体層を介して積層した構造を有するため、内部電極を有しない従来の厚み縦圧電共振子80に比べて電氣的容量が大きくなり、回路基板の浮遊容量などによる影響を受け難い。

【0031】また、第1、第2の励振電極3、4が圧電体2の幅方向両端に至るように形成されていることによっても、電氣的容量が大きくなり、回路基板側の浮遊容量による影響を受け難い。

【0032】さらに、本実施例の厚み縦圧電共振子1では、従来のストリップ型厚み縦圧電共振子と異なり、幅モード振動に起因する不要スプリアスを効果的に抑制することができる。これを、図3～図8を参照して説明する。

【0033】図22に示した従来のストリップ型圧電共振子80では、圧電基板81の幅Wで決定される幅モードによる共振が強く発生する。この従来の圧電共振子80

0のインピーダンス周波数特性を図6に示す。図6において、矢印TE<sub>2</sub>で示す振動モードが、厚み縦振動モードの2倍波であり、WE<sub>1</sub>及びWE<sub>2</sub>で示す応答が幅モードに起因するスプリアス振動である。図6に示すインピーダンス周波数特性は、共振周波数が10MHzとした圧電共振子80の特性であるが、図6から明らかなように、WE<sub>1</sub>で示す幅モードスプリアスが6MHz付近に、WE<sub>2</sub>で示す幅モードスプリアスが7MHz付近で現れており、何れのスプリアスもかなり大きいことがわかる。

【0034】上記幅モードスプリアスWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>における圧電共振子の変位状態を有限要素法で分析したところ、図3及び図4に示す結果が得られた。なお、図3～図5は、ストリップ型厚み縦圧電共振子の横断面、すなわち長さ方向と直交する方向であり、かつ厚み方向にストリップ型圧電共振子を切断した面の変位状態を模式的に示す図である。

【0035】図3は、幅モードWE<sub>1</sub>で振動している状態を示す図であり、図4は幅モードWE<sub>2</sub>の場合の変位分布を示す図である。他方、図5は、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>の場合の変位状態を示す図である。図3及び図4を、図5と比較すれば明らかなように、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>では、圧電体が厚み方向に疎密に変形するのに対し、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>では、圧電共振子が幅方向に大きく変位することがわかる。

【0036】そこで、本願発明者は、上記幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>に起因するスプリアスを抑制すべく種々実験を繰り返したところ、図1に示した厚み縦圧電共振子1において、圧電体2として、ある特定の材料を用いれば、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>の応答を小さくすることができ、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>のみを大きく励振させ得ることを見出した。このようにして得られた圧電共振子1のインピーダンス周波数特性を図7に示す。なお、図7に示すインピーダンス周波数特性は、圧電体2として、 $-d_{31}=9 \times 10^{-12}$  C/Nのチタン酸鉛系圧電セラミックスを用いた場合の特性である。図7から明らかなように、本実施例の圧電共振子1では、矢印TE<sub>2</sub>で示す厚み縦振動モードの2倍波が強く励振されており、幅モードスプリアスWE<sub>2</sub>の大きさが非常に小さくなっていることがわかる。また、図7では必ずしも明瞭ではないが、幅モードWE<sub>1</sub>も幅モードWE<sub>2</sub>と同様に非常に小さくなっていることが確かめられた。

【0037】なお、幅モードによる応答WE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>は、厚み縦振動モードの6倍波TE<sub>6</sub>よりも厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>に近いので、6倍波TE<sub>6</sub>よりも幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>の応答は小さいことが好ましい。

【0038】他方、図6に示した特性は、圧電体2を $d_{31}=-4.2 \times 10^{-12}$  C/Nであるチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスで構成した場合の特性である。そこ

で、上記チタン酸鉛系圧電セラミックスからなる圧電体2を用いた場合に、図7に示したように、良好な特性が得られたことに鑑み、圧電体2を構成する圧電材料の圧電定数 $d_{31}$ を変化させた場合の比帯域幅を有限要素法により確かめたところ、図8に示す結果が得られた。

【0039】なお、比帯域幅とは、共振周波数を $f_r$ 、反共振周波数を $f_a$ としたとき、 $(f_a - f_r) \times 100 / f_a$  (%)で得られる値である。図8から明らかなように、圧電定数 $d_{31}$ を変化させると、比帯域幅が変化し、特に、 $20 \times 10^{-12}$  C/Nより大きくすると、幅モードWE<sub>1</sub>が大きくなり、圧電定数 $d_{31}$ が $50 \times 10^{-12}$  C/Nでは、2倍波TE<sub>2</sub>と幅モードWE<sub>1</sub>が同等のレスポンスとなることがわかる。従って、圧電定数 $d_{31}$ を $20 \times 10^{-12}$ 以下とすることにより、2倍波TE<sub>2</sub>の応答を小さくすることなく、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>及び6倍波TE<sub>6</sub>のレスポンスを効果的に抑圧し得ることがわかる。

【0040】なお、図8における矢印B～Eで示す各点は、圧電材料としてチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックス( $-d_{31}=4.2 \times 10^{-12}$  C/N)を用いた場合の6倍波、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>及び2倍波のそれぞれの比帯域幅(実測値)を示す。

【0041】従って、実際に上記圧電定数 $d_{31}=-4.2 \times 10^{-12}$ であるチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスを用いて圧電共振子を構成した場合の比帯域幅が、上記有限要素法による結果と一致していることがわかる。

【0042】本実施例の厚み縦圧電共振子1では、上記のように、圧電体2を、圧電定数 $d_{31}$ の絶対値が $20 \times 10^{-12}$  C/N以下とされているので、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>を用いた圧電共振子を構成した場合、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>や6倍波TE<sub>6</sub>による不要スプリアスを効果的に抑制することができ、良好な共振特性の得られることがわかる。

【0043】(第2の実施例) 第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1では、圧電体2が厚み方向に一樣に分極処理されており、各層に加える印加電界が逆方向とされるパラレル接続タイプの圧電共振子を示したが、本発明は、複数の圧電体層を厚み方向に交互に逆方向に分極処理してなるシリーズ接続型の圧電共振子としてもよい。このようなシリーズ性型の厚み縦圧電共振子を、図9に示す。

【0044】図9に示す厚み縦圧電共振子11は、細長い矩形板状のストリップ型圧電体12を用いて構成されている。圧電体12の上面には、第1の励振電極13が形成されており、下面には第2の励振電極14が形成されている。第1、第2の励振電極13、14は圧電体12を用いて表裏対向されている。また、第1、第2の励振電極13、14は、圧電体12の長さ方向中央部分において対向しており、この第1、第2の励振電極13、14が対向している部分はエネルギー閉じ込め型の共振

部とされている。

【0045】本実施例においても、第1、第2の励振電極13、14は、それぞれ、圧電体12の端面12aまたは端面12bに引き出されているが、共振部以外の部分は圧電体12の全幅に至るように形成されておらずともよい。

【0046】従って、励振電極13、14についても、見方を変えれば、圧電体12の長さ方向に振動減衰部を有するエネルギー閉じ込め型の共振部を構成するために、該長さ方向と直交する方向において第1、第2の励振電極13、14が圧電体12の長さ方向端縁に至るように形成されていることになる。

【0047】圧電体12の中間高さ位置には、内部電極16が形成されている。この内部電極16は、圧電体12を分極処理するために設けられている。すなわち、分極に際しては、内部電極16に相対的に高い電圧を、励振電極13、14には相対的に低い電圧を与えることにより、圧電体層12c、12dが図示の矢印で示すように厚み方向に逆方向に分極処理される。

【0048】駆動に際しては、第1、第2の励振電極13、14間に交流電圧を印加することにより、すなわち内部電極16を用いることなく駆動することにより、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>を励振させることができる。

【0049】第2の実施例に係る厚み縦圧電共振子11においても、振動減衰部が圧電体12の幅方向においては振動部の両側に設けられず、振動部の圧電体12の長さ方向両側にのみ振動減衰部が設けられているため、第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1と同様に、小型の厚み縦圧電共振子を構成することができる。また、第1の実施例と同様に、内部電極16を有するため、並びに励振電極13、14が圧電体12の幅方向両端に至るように形成されているので、電気的容量の増大を図ることができ、回路基板側の浮遊容量による影響を受け難い。

【0050】第2の実施例に係る厚み縦圧電共振子11においても、圧電体12を構成する材料として、その圧電定数 $d_{31}$ の絶対値が $20 \times 10^{-12}$  C/N以下の材料を用いることにより、第1の実施例の厚み縦圧電共振子1と同様に、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>や6倍波TE<sub>6</sub>に基づく不要スプリアスを効果的に抑制することができ、良好な共振特性を得ることができる。

【0051】(変形例)第1、第2の実施例は、何れも厚み縦振動モードの2倍波を利用した圧電共振子1、11であるが、本発明に係る圧電共振子は、厚み縦振動モードの2倍波以外の高調波を利用したものであってもよい。図10～図13は、これらの他の高調波を利用した圧電共振子を説明するための断面図であり、第1の実施例について示した図2に相当する図である。

【0052】図10は、厚み縦振動モードの3倍波を利用したパラレル接続型厚み縦圧電共振子21を示す。す

なわち、圧電体2内に2枚の内部電極22、23を配置し、矢印で示すように圧電体2を厚み方向に一樣に分極処理することにより、厚み縦振動モードの3倍波を利用した圧電共振子21を構成することができる。

【0053】また、図11に示す厚み縦圧電共振子24は、厚み縦振動モードの4倍波を利用したパラレル接続型圧電共振子24を示す断面図である。厚み縦圧電共振子24では、圧電体2が厚み方向に一樣に分極処理されており、内部に3枚の内部電極25～27が厚み方向に等間隔を隔てて配置されており、それによって厚み縦振動モードの4倍波が効果的に励振される。

【0054】図12は、厚み縦振動モードの3倍波を利用したシリーズ接続型の厚み縦圧電共振子28を示す断面図である。厚み縦圧電共振子28では、圧電体12内に2枚の内部電極29、30が配置されており、圧電体12内が3層の圧電体層12e～12gに分割されており、これらの内部電極29、30を用いて分極処理することにより、厚み方向において隣合う圧電体層が逆方向となるように分極処理されている。従って、第1、第2の励振電極13、14に交流電圧を印加することにより、厚み縦振動モードの3倍波を励振することができる。

【0055】同様に、図13は、厚み縦振動モードの4倍波を利用したシリーズ接続型圧電共振子31を示す断面図である。ここでは、圧電体12内に、3枚の内部電極32～34が配置されており、これらの内部電極32～34を用いて分極処理することにより、図示のように隣接する圧電体層が相互に逆方向になるように厚み方向に分極処理されている。従って、第1、第2の励振電極13、14から交流電圧を印加することにより、厚み縦振動の4倍波を利用した圧電共振子として動作させ得る。

【0056】図10～図13に示した各厚み縦圧電共振子においても、上記のように、一方方向のみに振動減衰部を有し、該一方方向と直交する方向において、圧電体の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されているので、小型の厚み縦圧電共振子を構成することができる。また、いずれも、内部電極を有するため、電気的容量の増大を図ることができ、回路基板の浮遊容量の影響を受け難い。

【0057】さらに、図10～図13に示した各厚み縦圧電共振子においても、圧電体2、12の材料として、圧電定数 $d_{31}$ の絶対値が $20 \times 10^{-12}$  C/N以下の圧電材料を用いることにより、第1、第2の実施例の厚み縦圧電共振子と同様に厚み縦振動の高調波を利用し、かつ幅モードや他の高調波のレスポンスによる不要スプリアスを効果的に抑制することが可能となる。

【0058】(第3の実施例)図14は、本発明の第3の実施例に係る厚み縦圧電共振子を説明するための斜視図であり、図15はその等価回路を示す図である。図1



4に示す圧電共振子41は、第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1にコンデンサ42を結合した構造を有する。すなわち、厚み縦圧電共振子1の下面に、導電性接着剤43、44を介してコンデンサ42が接合されている。

【0059】コンデンサ42では、誘電体基板42aの上面において、所定のギャップを隔てて容量電極42b、42cが形成されている。また、誘電体基板42aの下面には、容量電極42b、42cと誘電体基板42aを介して表裏対向するように共通電極42dが形成されている。

【0060】他方、導電性接着剤43は、上記容量電極42bと端子電極7とを接合しており、導電性接着剤44は、容量電極42cと端子電極5とを接合している。従って、圧電共振子41は、図15に示すように、共振子に2個のコンデンサユニットを組み合わせた容量内蔵型圧電共振子として用いることができるものである。

【0061】よって、厚み縦圧電共振子1は幅寸法方向を小さくすることができるため、全体として小型の容量内蔵型圧電共振子を構成することができる。また、内部電極を有する厚み縦圧電共振子1であるため、回路基板側の浮遊容量やコンデンサ42側の浮遊容量に基づく悪影響も受け難い。さらに、厚み縦圧電共振子1が厚み縦振動の2倍波を利用した圧電共振子であって、幅モードWE<sub>1</sub>、WE<sub>2</sub>や6倍波TE<sub>6</sub>に起因するスプリアスを効果的に抑制することが可能とされているので、良好な周波数特性を有する圧電共振子を提供することが可能となる。

【0062】(他の変形例)図16は、本発明の厚み縦圧電共振子のさらに他の変形例を示す斜視図である。

【0063】請求項2に記載の発明に係る厚み縦圧電共振子は、厚み縦振動の高調波を利用した圧電共振子において、圧電体を構成する材料の圧電定数 $d_{31}$ の絶対値を $20 \times 10^{-12}$  C/N以下としたことより、幅モードに起因するスプリアスや他の高調波に起因する不要スプリアスを抑制したことに特徴を有するものである。すなわち、エネルギー閉じ込め型の圧電共振子に限定されるものではなく、図16に示すように、エネルギー閉じ込め型ではない厚み縦圧電共振子にも本発明を適用することができる。

【0064】図16に示す厚み縦圧電共振子45は、矩形板状の細長いストリップ型の圧電体46を用いて構成されており、該圧電体46は、圧電定数 $d_{31}$ の絶対値が $20 \times 10^{-12}$  C/N以下の圧電材料により構成されている。そして、圧電体46の上面及び下面の全面に、それぞれ、第1、第2の励振電極47、48が形成されており、内部に内部電極50が配置されている。また、圧電体46では、隣り合う圧電体層46a、46bが厚み方向において逆方向に分極処理されている。

【0065】厚み縦圧電共振子45においても、圧電体

が上記特定の圧電定数の圧電材料により構成されているため、第2の実施例の厚み縦圧電共振子11と同様に、幅モードや他の高調波に起因する不要スプリアスを効果的に抑制することができ、良好な共振特性を得ることができる。

【0066】(圧電共振部品の実施例)図17~図19を参照して、本発明に係るチップ型圧電共振部品の実施例を説明する。

【0067】図17は、本発明のチップ型圧電共振部品の分解斜視図であり、図18はその外観を示す斜視図である。チップ型圧電共振部品51は、第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1と、板状のコンデンサ52とをケース内に収納した構造を有する。また、ケースは、第1のケース材としてのケース基板53と、ケース基板53上に接合される金属よりなるキャップ57とにより構成されている。

【0068】ケース基板53は、アルミナや合成樹脂などの絶縁性材料により構成される。図19に平面図で示すように、ケース基板53の側面53a、53bには、それぞれ、切欠53c~53e、53f~53hが形成されている。

【0069】また、ケース基板53の上面においては、切欠53cと切欠53fとを結ぶように電極ランド54aが形成されている。電極ランド54aは、コンデンサ52と電気的に接続するための部分を構成し、かつ切欠53c、53f内に至るように形成されている。この切欠53c、53fに至る電極ランド延長部分が外部電極を構成している。同様に、切欠53d、53gを結ぶように、ケース基板53の上面に電極ランド54bが形成されており、電極ランド54bの切欠53d、53gに至る延長部分が外部電極を構成している。同様に、切欠53e、53hを結ぶように、ケース基板53の上面に電極ランド54cが形成されており、電極ランド54cの両端において切欠53e、53hに至る延長部分が外部電極を構成している。

【0070】他方、ケース基板53上には、導電性接着剤などの導電性接合材55a~55cを介してコンデンサ52が接合される。コンデンサ52は、誘電体セラミックスなどの誘電体材料よりなる矩形の誘電体基板52aを用いて構成されている。誘電体基板52aの上面には、一対の容量電極52b、52cが中央領域で対向されて形成されている。誘電体基板52aの下面には、図17に想像線で左側に示すように、容量電極52b、52cと部分的に対向するように、中央領域に容量電極52dが形成されている。

【0071】また、容量電極52b、52cは、誘電体基板52aの長手方向端部において端面から下面に至るように形成されている。すなわち、誘電体基板52aの下面においては、中央に容量電極52dが配置されており、長さ方向両端に、それぞれ、容量電極52b、52

13

cの電極延長部52b<sub>1</sub>、52c<sub>1</sub>が配置されている。

【0072】前述した導電性接合材55a~55cは、これらの容量電極延長部52b<sub>1</sub>、容量電極52d及び容量電極延長部52c<sub>1</sub>にそれぞれ接合され、これらを電極ランド54a~54cにそれぞれ接合している。

【0073】従って、導電性接合材55a~55cにより、板状コンデンサ52がケース基板53に機械的に接合されると共に、電極ランド54a~54cに電気的に接続されている。板状のコンデンサ52の上方には、導電性接合材56a、56bを介して厚み縦圧電共振子1

【0074】なお、厚み縦圧電共振子1の下面においては、図17において左側に想像線で示すように、第2の励振電極4が形成されているだけでなく、内部電極6に接続された接続電極7の延長部分7aが配置されている。導電性接合材56aは、この接続電極7の電極延長部分7aを板状コンデンサ52の容量電極52bに電気的に接続している。さらに、導電性接合材56bは、厚み縦圧電共振子1の第2の励振電極4の圧電体2の端部近傍部分において、該導電性接合材56bに接合されており、かつ導電性接合材56bにより、励振電極4と容量電極52cとが電気的に接続されている。

【0075】また、上記導電性接合材56a、56bは、厚み縦圧電共振子1を板状コンデンサ52上に接合した際に、厚み縦圧電共振子1の振動部の振動を妨げないための空隙を確保し得るように、硬化後の厚みが所定の厚みを有するように構成されている。

【0076】本実施例のチップ型圧電共振部品では、上記のようにして、ケース基板53上に、板状のコンデンサ52及び厚み縦圧電共振子1を積層した後に、金属キャップ57がケース基板53に接合される。この場合、金属キャップ57は、電磁シールド性を高めるために金属よりなるが、電極ランド54a~54cや外部電極との短絡を防止するために、ケース基板53上には、予め金属キャップ57が接合される部分において、絶縁膜57が塗布されている。この絶縁膜58については、電極ランド54a~54cと金属キャップ57との短絡を防止し得る限り、適宜の合成樹脂より構成することができ、その膜厚についても、上記電氣的絶縁を図り得る限り、適宜の厚さとされる。

【0077】上記絶縁膜57上に、絶縁性接着剤を付与し、金属キャップ57を絶縁性接着剤により接合する。この場合、絶縁膜58自体を絶縁性接着剤を用いて構成し、金属キャップ57をケース基板53に接合してもよい。

【0078】上記のようにして、図18に示すチップ型圧電共振部品51が得られる。本実施例のチップ型圧電共振部品51では、上述した厚み縦圧電共振子1を用いるため、幅方向寸法を小さくすることができ、全体として小型のチップ型圧電共振部品とすることができる。ま

14

た、厚み縦圧電共振子1が、不要スプリアスを発生させ得ないため、第1の実施例と同様に、良好な共振特性を得ることができる。

【0079】加えて、厚み縦圧電共振子1が、板状のコンデンサ52に接合されているため、板状のコンデンサ52により、厚み縦圧電共振子1を補強することも可能である。すなわち、厚み縦圧電共振子1の厚みが薄い場合であっても、板状のコンデンサ52を機械的に接合することにより、厚み縦圧電共振子1を補強することができる。

【0080】また、好ましくは、上記板状のコンデンサ52の幅方向寸法は、厚み縦圧電共振子1の幅方向寸法よりも大きくされる。このように、板状のコンデンサ52の幅方向寸法を、厚み縦圧電共振子1の幅方向寸法よりも大きくすることにより、金属キャップ57の内壁と厚み縦圧電共振子1との接触を防止することができる。

【0081】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、矩形板状の圧電体と、圧電体の両面に形成された第1、第2の励振電極と、圧電体内に配置されており、第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも1層の内部電極とを有する厚み縦圧電共振子が構成されるため、内部電極を有しない従来の厚み縦圧電共振子に比べ、内部電極を有する分だけ電氣的容量の増大を図ることができ、それによって取り付けられる回路基板などの浮遊容量による悪影響を低減することができ、良好な共振特性を有する厚み縦圧電共振子を提供することができる。

【0082】加えて、請求項1に記載の発明に係る厚み縦圧電共振子では、一方向のみに振動減衰部が設けられており、該一方向と直交する方向においては、振動部の両側に振動減衰部が設けられないため、前記一方向と直交する方向における厚み縦圧電共振子の寸法を小さくすることができ、従って小型の厚み縦圧電共振子を提供することが可能となる。

【0083】請求項2に記載の発明によれば、矩形板状の圧電体と、圧電体の両面に形成された第1、第2の励振電極と、圧電体内に配置されており、第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも1層の内部電極とを備える厚み縦圧電共振子において、圧電定数 $d_{31}$ の絶対値が $20 \times 10^{-12}$  C/N以下の圧電材料により圧電体が構成されているので、幅モードや利用する高調波以外の他の高調波に起因する不要スプリアスを効果的に抑制することができる。よって、共振特性の良好な厚み縦圧電共振子を提供することができる。

【0084】請求項3に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明に係る厚み縦圧電共振子の特徴及び請求項2に記載の発明に係る圧電共振子の特徴を備えるため、内部電極を有するので電氣的容量が大きく、回路基板の浮遊容量などの悪影響を抑制することができ、かつ振動

減衰部が上記一方向と直交する方向においては振動部の両側に設けられないため、圧電共振子の小型化を図ることができ、さらに、圧電定数  $d_{31}$  の絶対値が  $20 \times 10^{-12}$  C/N 以下の圧電材料により圧電体が構成されているので、不要スプリアスを効果的に抑制することができる。従って、共振特性が良好であり、小型の厚み縦圧電共振子を提供することが可能となる。

【0085】また、請求項4に記載のように、圧電体として、細長いストリップ型の圧電体を用いた場合には、厚み縦圧電共振子の小型化を進めることができ、さらに細長いストリップ型の圧電体を用い、請求項2に記載の発明に従ってエネルギー閉じ込め型圧電共振子を構成した場合には、より一層小型の厚み縦圧電共振子を提供することができる。

【0086】請求項5に記載の発明によれば、請求項1～3の何れに記載の厚み縦圧電共振子に、さらに共振子の振動を妨げないための空間を隔ててコンデンサが貼り合わされているので、不要スプリアスが少ない共振特性の良好な圧電共振子を用いて、容量内蔵型の圧電共振子を提供することが可能となる。

【0087】請求項6に記載の発明によれば、請求項1～5のいずれかに記載の厚み縦圧電共振子と、板状のコンデンサとを、第1のケース材上に積層し、第1のケース材に第2のケース材を接合してケースを構成することにより、内部空間に上記板状のコンデンサ及び厚み縦圧電共振子が収納されている。従って、小型であり、浮遊容量などの影響を受け難い厚み縦圧電共振子を用いたチップ型のコンデンサ内蔵型圧電共振部品を提供することができる。

【0088】加えて、板状のコンデンサを厚み縦圧電共振子と導電性接合材を介して固定し積層しているため、厚み縦圧電共振子の厚みが薄い場合であっても、板状のコンデンサにより厚み縦圧電共振子を補強することができる。従って、厚み縦圧電共振部品の耐機械的衝撃性を高め得る。

【0089】さらに、厚み縦圧電共振子の幅寸法に対しコンデンサの幅寸法を大きくした場合には、組み立てに際し、厚み縦圧電共振子の第2のケース材内面への接触を効果的に防止することができ、厚み縦圧電共振部品の良品率を高めることも可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子を示す斜視図。

【図2】第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子の断面図。

【図3】幅モード  $WE_1$  における圧電体の有限要素法により解析された変位分布を示す図。

【図4】幅モード  $WE_2$  で振動している圧電体の有限要素法により解析された変位分布を説明するための図。

【図5】厚み縦振動の2倍波で変位している状態の有限要素法で解析された変位分布を示す図。

【図6】従来の厚み縦圧電共振子においてスプリアスとして現れている幅モード  $WE_1$ ,  $WE_2$  を説明するためのインピーダンス-周波数特性を示す図。

【図7】本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子のインピーダンス-周波数特性を示す図。

【図8】圧電定数  $d_{31}$  の絶対値と比帯域幅との関係を示す図。

【図9】本発明の第2の実施例に係る厚み縦圧電共振子を説明するための斜視図。

10 【図10】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第1の変形例を示す断面図。

【図11】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第2の変形例を示す断面図。

【図12】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第3の変形例を示す断面図。

【図13】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第4の変形例を示す断面図。

【図14】本発明の第3の実施例に係る圧電共振子であって、コンデンサ内蔵型圧電共振子を示す斜視図。

20 【図15】図14に示した圧電共振子の回路構成を示す図。

【図16】本発明の厚み縦圧電共振子のさらに他の変形例を説明するための斜視図。

【図17】本発明に係るチップ型圧電共振部品の実施例を説明するための分解斜視図。

【図18】図17に示したチップ型圧電共振部品の外観を示す斜視図。

【図19】図17に示したチップ型圧電共振部品で用いられている第1のケース材としてのケース基板の平面図。

30 【図20】従来の厚み縦圧電共振子の一例を説明するための分解斜視図。

【図21】図20に示した厚み縦圧電共振子の断面図。

【図22】従来の厚み縦圧電共振子の他の例を説明するための斜視図。

#### 【符号の説明】

1…厚み縦圧電共振子

2…圧電体

3, 4…第1, 第2の励振電極

40 6…内部電極

11…厚み縦圧電共振子

12…圧電体

13, 14…第1, 第2の励振電極

16…内部電極

21…厚み縦圧電共振子

22, 23…内部電極

24…厚み縦圧電共振子

25～27…内部電極

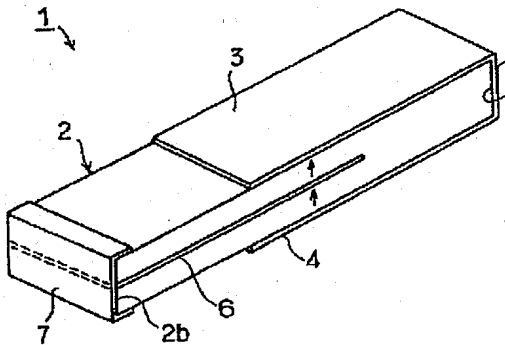
28…厚み縦圧電共振子

50 29, 30…内部電極

17

- 31…厚み縦圧電共振子  
 32～34…内部電極  
 41…圧電共振子  
 42…コンデンサ  
 45…厚み縦圧電共振子  
 46…圧電体  
 47, 48…第1, 第2の励振電極  
 50…内部電極

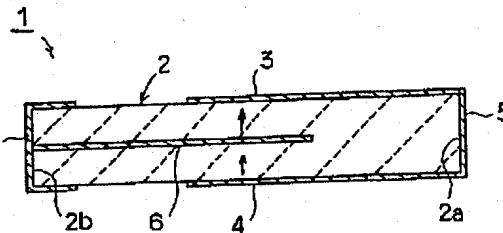
【図1】



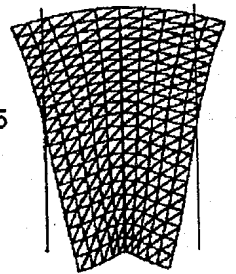
18

- 51…チップ型圧電共振部品  
 52…板状コンデンサ  
 53…第1のケース材としてのケース基板  
 54a～54c…電極ランド  
 54a<sub>1</sub>～54c<sub>1</sub>…外部電極  
 55a～55c…導電性接合材  
 56a, 56b…導電性接合材  
 57…キャップ

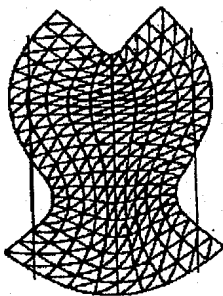
【図2】



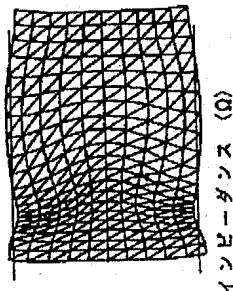
【図3】



【図4】

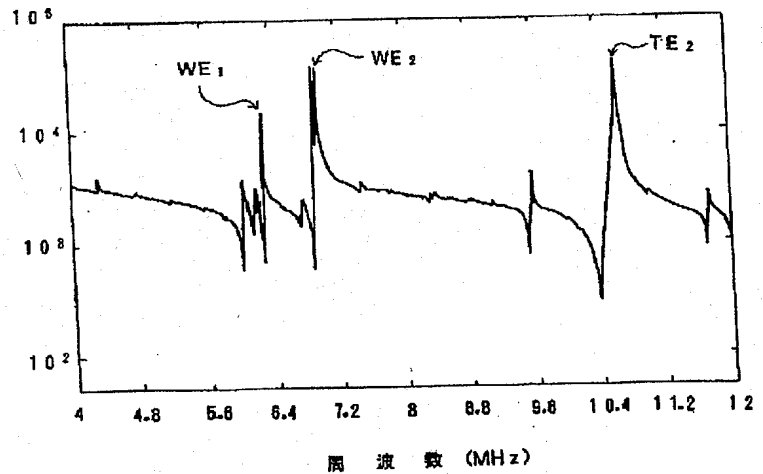


【図5】

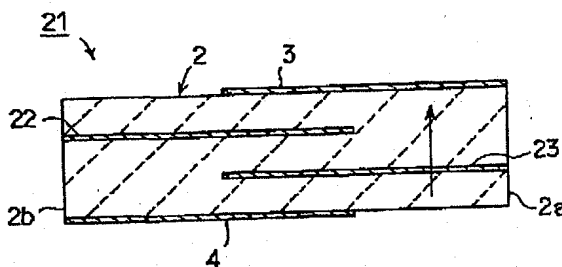


インピーダンス (Ω)

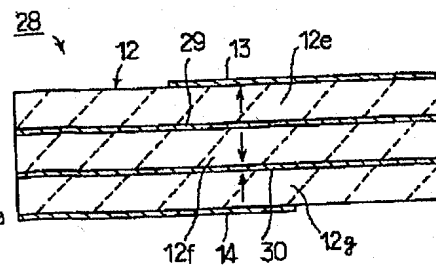
【図6】



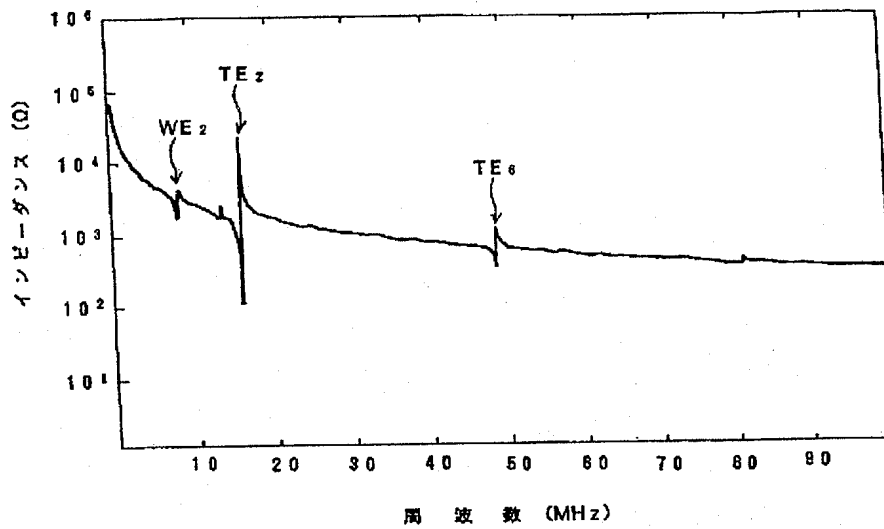
【図10】



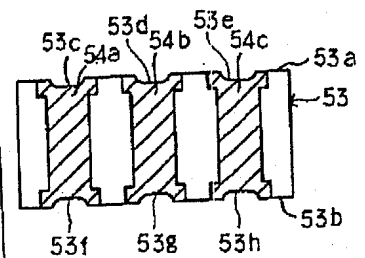
【図12】



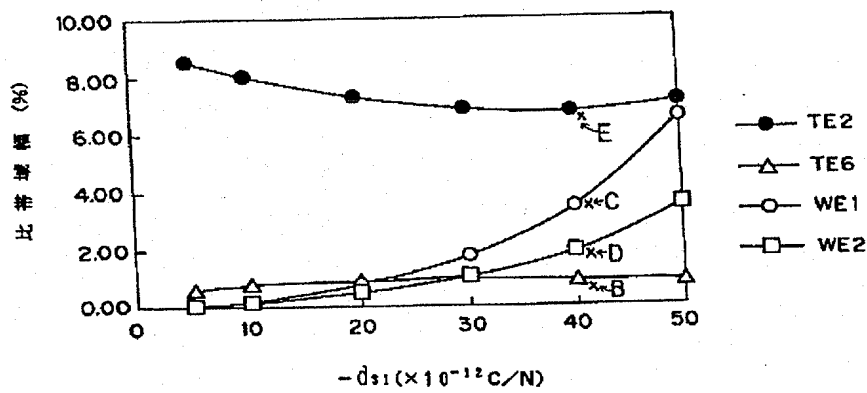
【図7】



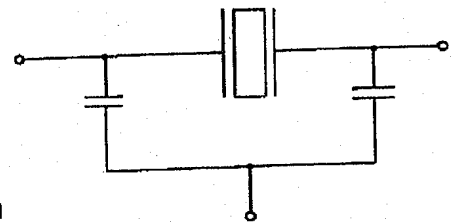
【図19】



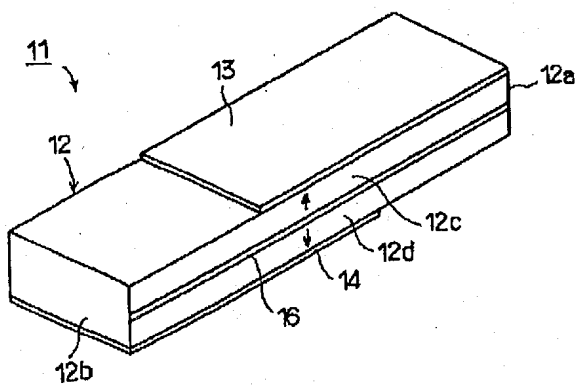
【図8】



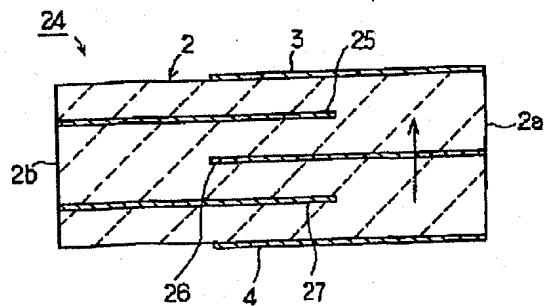
【図15】



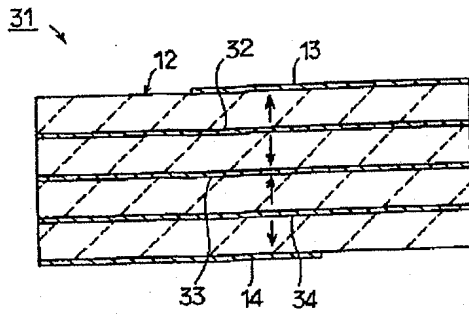
【図9】



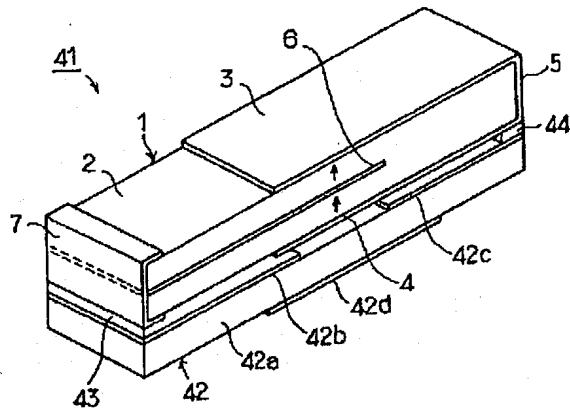
【図11】



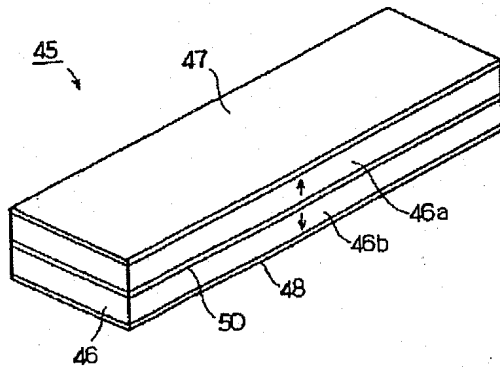
【図13】



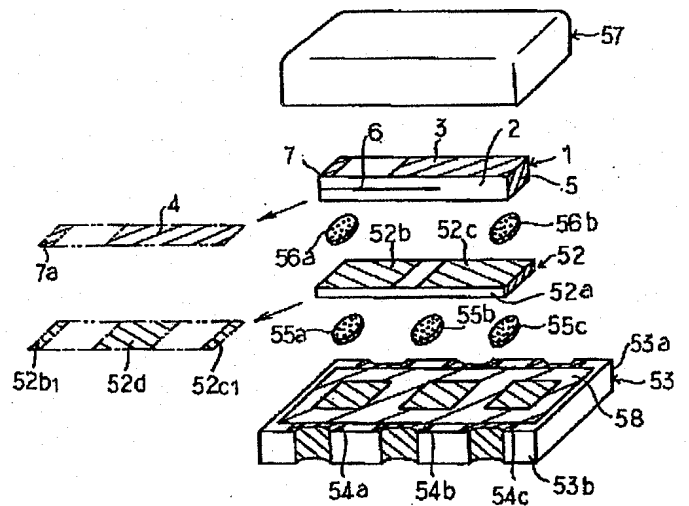
【図14】



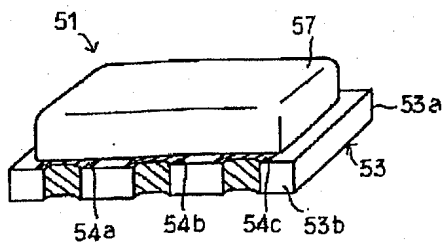
【図16】



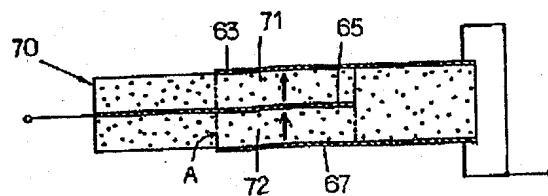
【図17】



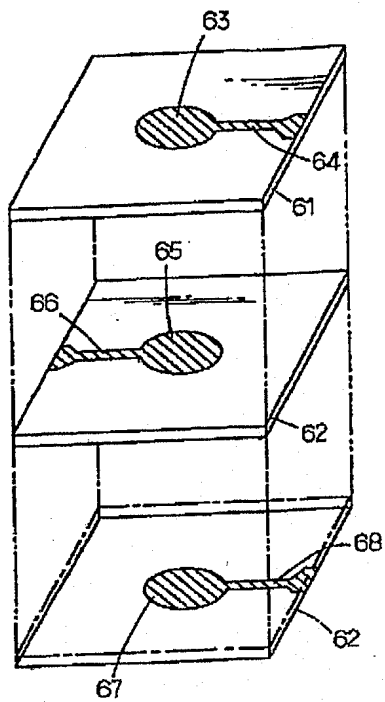
【図18】



【図21】



【図 20】



【図 22】

